

что при растворении с обновлением практически нет затрат электричества на преодоление омического сопротивления абсорбционных пленок, образующихся на поверхности образца.

1. Рахимьянов Х.М., Красильников Б.А., и др., Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты), 2, 3-5 (2011).

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭПОКСИДИРОВАНИЯ МЕТИЛОВЫХ ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ИММОБИЛИЗОВАННОЙ ФОСФОРНОВОЛЬФРАМОВОЙ КИСЛОТЫ**

Канаков Е.А., Миронова В.Ю., Отопкова К.В., Есипович А.Л., Загуменнова Д.В.  
Дзержинский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного  
технического университета им. Р.Е. Алексеева, Дзержинск, Россия

\*E-mail: [kan-evg@mail.ru](mailto:kan-evg@mail.ru)

### **INVESTIGATION OF THE FATTY ACID METHYL ESTERS EPOXIDATION USING CATALYSTS BASED ON IMMOBILIZED PHOSPHOTUNGSTIC ACID**

Kanakov E.A., Mironova V.Yu., Otopkova K.V., Esipovich A.L., Zagumennova D.V.

Dzerzhinsk Polytechnic Institute (branch) Nizhny Novgorod State Technical University  
n.a. R.E. Alekseev, Dzerzhinsk, Russia

Currently, a large number of papers are devoted to the epoxidation of vegetable oils and their derivatives using phosphotungstic acid derivatives. These catalysts are soluble in the reaction mixture, and their regeneration is difficult. The aim of this study is developing of a new heterogeneous catalyst based on phosphotungstic acid immobilized onto ion exchange resins. These systems are characterized by high activity and stability in the epoxidation of fatty acid methyl esters.

В данной работе исследована возможность иммобилизации фосфорновольфрамовой кислоты на стирол-дивинилбензольных смолах, модифицированных четвертичными аминами (анионообменных смол). Проведено исследование активности и стабильности полученных каталитических систем в процессе эпексидирования метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК) пероксидом водорода.

В настоящее время в связи с уменьшением запасов нефтяных ресурсов и увеличением экологических растительные масла и их производные (жирные кислоты и их эфиры, глицерин) становятся перспективным, дешевым и доступным видом возобновляемого сырья для производства востребованных химических продуктов - биотоплив, ПАВ, пластификаторов, синтетических масел, ингибиторов коррозии и др.

Одним из перспективных направлений переработки МЭЖК является их эпексидирование. Соединения, полученные эпексидированием МЭЖК, способны частично или полностью заменить токсичные пластификаторы и стабилизаторы, применяемые в настоящее время при производстве изделий на основе ПВХ.

Производные фосфорновольфрамовой кислоты и четвертичных аммониевых солей проявляют высокую каталитическую активность в реакции эпексидирования различных соединений. Однако катализаторы такого типа являются гомогенными и их дальнейшая регенерация практически невозможна.

Комплекс  $PW_4$  готовился на основе методики, описанной в работе [1]. Фосфорновольфрамовую кислоту растворяли в растворе пероксида водорода, после чего добавляли раствор  $H_3PO_4$ . Полученную массу перемешивали в течение 4 ч при 40 °С.

Для приготовления иммобилизованных катализаторов к раствору комплекса  $PW_4$  добавляли расчетное количество анионообменной смолы (мольное соотношение анионов  $[PW_4O_{24}]^{3-}$  к функциональным группам модифицированной смолы 1:1), смесь нагревали до 70 °С и перемешивали в течение 2 ч. Полученные катализаторы отделялись от раствора, промывались дистиллированной водой и сушились под вакуумом при 40 °С. Для приготовления катализатора использовали аниониты разной основности, ионной формы и пористости.

Каталитические испытания катализаторов проводили в периодическом режиме при 50 °С в течение 4 ч (содержание МЭЖК в реакционной массе – 1% (масс.), мольное соотношение МЭЖК: $H_2O_2$ =1:8, содержание катализатора – 15,5 г/л, растворитель – ацетонитрил). Качественный и количественный анализ образцов проводили с использованием газового хроматографа Shimadzu GC-2010 Plus, оснащенного МАСС- и ПИД- детекторами.

Наилучшие результаты были достигнуты при использовании катализатора на основе сильноосновного макропористого анионита в хлоридной форме. За 4 часа реакции конверсия МЭЖК составила 96,8 %, селективность образования эпексидов 72,4 %, селективность образования продуктов разложения МЭЖК 9,8 %, селективность образования метил-9-оксостеарата 4,7%, селективность образования тяжелых продуктов 13,1%. При последующем использовании катализатор не терял каталитической активности в течение 5 циклов.

1. Ishii, Y., Yamawaki, K., et al., Org. Chem., 53, 3587–3593 (1988).